Aus dem Physiologischen Institut der
Universität Breslau.
(Leiter: Professor Dr. Winterstein)

Über den individuellen Eigenrhytmus beim menschlichen Gange und seine Beziehungen zum Rhytmus der Herz- und Atemtätigkeit.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Medizin und Chirurgie der Hohen Medizinischen Fakultät der Schlesischen Friedrich Wilhelms-Universität zu Breslau

vorgelegt von

Paul Anders

Breslau 1928

»Quader« Druckerei und Verlagsanstalt GmbH., Breslau I,
Herrenstraße Nr. 19

Gedruckt
mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Breslau.

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Wachholder.
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Winterstein.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderabdruck aus Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 220, Heft 2.
Verlag von Julius Springer, Berlin W 9.

(Aus dem Physiologischen Institut der Universität Breslau.)

Über den individuellen Eigenrhythmus beim menschlichen Gange und seine Beziehungen zum Rhythmus der Herz- und Atemtätigkeit.

Von
Paul Anders.

(*Eingegangen am 4. April 1928.*)

Ein jedes Individuum zeigt in allen seinen Ausdrucksmitteln, und zwar nicht nur in Sprache, Schrift und Mimik, sondern auch weitgehend in allen seinen Bewegungen überhaupt, eine ganz bestimmte Art, „Wesensart". Die naheliegende Anschauung, ein jedes Individuum müsse auch ein ganz persönliches, spontanes Eigentempo haben, experimentell-physiologisch zu prüfen, soll in dieser Arbeit versucht werden.

Dabei bestehen besondere Beziehungen zu den Anschauungen der modernen Körpererziehungsbewegung, soweit man sie als „Rhythmische Gymnastik" bezeichnet. Diese fordert ein solches individuelles Eigentempo, und zwar als Ausdruck des sogenannten „persönlichen Rhythmus". Die Frage nach diesem persönlichen Rhythmus (*Klages*[1], *Bode*[2]) im Lichte der folgenden Untersuchungen und ihrer Ergebnisse soll jedoch an anderer Stelle ausführlich erörtert und hier nur kurz gestreift werden; hier soll im wesentlichen die Frage, ob und wieweit ein persönliches Eigentempo der Bewegung, ein „individueller adäquater Rhythmus" besteht nur rein physiologisch betrachtet und untersucht werden.

Daraus ergibt sich weiterhin eine zweite Frage, die wiederum in den Anschauungen der rhythmischen Gymnastik eine grundlegende Rolle spielt, nämlich die Frage nach einem Zusammenhang des Bewegungstempos mit den anderen rhythmischen Lebensäußerungen, Herztätigkeit, Atmung. Diese Frage, ob sich Beziehungen dieser Rhythmen zum Eigentempo der Bewegung ergeben, ob es einen sinnvollen Zusammenhang, eine Korrelation der Rhythmen der verschiedenen Lebensäußerungen gibt, soll gleichfalls hier untersucht werden.

[1] *L. Klages*, Vom Wesen des Rhythmus in *Pallat-Hilker*, Künstlerische Körperschulung. 3. Aufl. Breslau: Verlag Hirt 1926.

[2] *R. Bode*, Ausdrucksgymnastik. 3. Aufl. München: Verlag C. H. Beck 1925.

Als Bewegung wurde der Gang bzw. Lauf gewählt, wobei es im Sinne der gestellten Aufgabe vor allem galt, die Versuche so anzustellen, daß Willensimpulse, äußere Einflüsse usw. nach Möglichkeit ausgeschaltet waren, so daß die Vp. ganz spontan das ihr gemäße Bewegungstempo wählen konnte.

Es scheint bisher nur zweimal zu Fragen dieser Art experimentell Stellung genommen worden zu sein. Einmal untersuchte *Goudriaan*[1] die Ruhefrequenz des Pulses und darauf die Frequenz des spontanen psychischen Rhythmus, in diesem Falle das Drücken eines Morsetasters in einem der Vp. anheimgestellten Tempo. Der Autor findet, daß bei raschem, spontanem Rhythmus die Pulsfrequenz hoch ist, bei langsamem dagegen niedrig. Er glaubt, daß eine Korrelation zwischen Frequenz der Herzschläge und psychischem Rhythmus besteht, und daß hier die verschiedene individuelle Emotionalität maßgebend sei.

Eine weitere Bearbeitung des Rhythmusproblems stammt von *Coleman*[2], der Beobachtungen an verschiedenen Tieren des zoologischen Gartens in London gemacht hat. *Coleman* zählte nacheinander Schrittzahl, Puls und Atmung, errechnete die Minutenfrequenzen und verglich sie miteinander. Nach ihm stimmt in vielen Fällen die Pulszahl mit der vom Tier gewählten Schrittzahl genau überein. Ferner soll auch die Atmung mit einem Vielfältigen des Pulses übereinstimmen, und zwar für gewöhnlich in der Ruhe, immer aber im Schlafe. Auch Atmung und Bewegung sollen einander direkt entsprechen, und zwar vielfach so, daß genau auf jeden Schritt ein Atemzug erfolgt. Auch die verschiedenen Bewegungen unter sich entsprächen sich genau, so z. B. Kaubewegungen und Schritte. Ferner fand *Coleman* an einem Menschen mit einem Ruhepulse von 60, als er ihn hinterher um einen Tisch gehen ließ, eine Schrittzahl von 60 und behauptet, er habe in gleichen Untersuchungen an vielen Personen bei der Mehrzahl gefunden, daß die Bewegung der Herzaktion folge. *Coleman* sieht deshalb das Herz als „pacemaker" und „timekeeper" des Schrittes an. Er hält solche periodische Übereinstimmungen für ein wichtiges, kraftsparendes Prinzip[3]. Alle Beobachtungen müßten möglichst an nicht lange eingesperrten und nicht domestizierten Tieren vorgenommen werden, und die Tiere dürften in keiner Weise durch die Beobachtung gestört werden. Denn bei Tieren und Menschen sollen Gemütsbewegungen, Wunschvorstellungen, Ängstlichkeit, Hunger, ja sogar einfache Bewußtheit den Verlust der rhythmischen Beziehungen herbeiführen.

[1] *Goudriaan*, Arch. néerland. de physiol. de l'homme et des anim. **6**, 77. 1921.

[2] *Coleman*, Journ. of comp. psychol. **1**, 213. 1921.

[3] When the pulse, steps etc. are in accord, the accompanying nervous impulses are of course likewise synchronous and any irradiations of nerve force from the several centers of activity will reinforce each other. When there are two or more periodic activities in discord, their irradiation will interfere and, instead of a saving of energy, there will be a waste.

Eine kritische Betrachtung der Colemanschen Untersuchungen läßt jedoch ernste Bedenken gegen die Richtigkeit seiner Messungen aufkommen. Zunächst wurden die Beobachtungen nur 6 Sekunden lang gemacht, weil *Coleman* mit der Stoppuhr, welche Fünftelsekunden anzeigt, in 6 Sekunden ein ebenso einwandfreies Resultat zu erreichen meint, wie bei einer 30 Sekunden dauernden Messung mit der gewöhnlichen Sekundenuhr. Äußerst bedenklich scheint ferner sein methodisches Vorgehen, die Messungen nacheinander anzustellen, speziell den Ruhepuls zum Vergleich für die Bewegung heranzuziehen. Erfahrungsgemäß (vgl. auch unsere Untersuchungen) steigt der Puls sogleich mit Einsetzen einer Bewegung an. Wie gerade der Ruhepuls als „timekeeper" das Schrittempo bestimmen soll, ist nicht einzusehen und nicht geklärt.

Methodisches.

Unser Bestreben war es, die Bewegung, in unserem Falle also die Schritte, Puls und Atmung gleichzeitig zu beobachten, am besten objektiv zu registrieren.

Zur Registrierung der Pulsfrequenz (eigentlich der Herzschlagfrequenz) wurden 2 Zinkplättchen als Elektroden links und rechts an der Brust auf die bloße, zur besseren Ableitung gut durchfeuchtete Haut angelegt, und mittels einer dünnen Drahtleitung die Ströme zu einem Saitengalvanometer geleitet. Festgehalten wurden die Zinkplättchen durch einen darüber geschnallten Pneumographenschlauch. Dieser wurde aufgepumpt und übertrug dann die Atemschwankungen sichtbar auf ein Dosenoscillometer. Die Ausschläge wurden von einer Hilfsperson, die, neben bzw. hinter der Versuchsperson gehend, das Manometer trug, abgelesen und mittels eines Morsetasters und einer Drahtleitung auf einen Markiermagneten übertragen. Eine 2. Hilfsperson markierte ebenfalls mittels Tasters, Leitung und Markiermagneten die Schritte. Alles zusammen wurde zugleich mit der Zeit auf einem Film aufgenommen.

Es gelang leider nicht, eine völlig objektive Methode der Atemregistrierung zu finden, die zugleich der Anforderung, die Vp. nicht nennenswert zu behindern, genügt hätte. Nach mancherlei Versuchen schien die obige Methode noch am besten, vor allem, worauf ja größter Wert zu legen war, am wenigsten behindernd für die Vp. Das Ablesen der Atemausschläge war aber oft recht schwierig, vor allem, weil die Ablesungen durch Erschütterungsschwankungen erschwert wurden. So mußten wir die Ergebnisse der Atemregistrierung einer kleinen Anzahl von Versuchen als unzuverlässig unberücksichtigt lassen, haben aber andererseits den Beweis für die richtige Registrierung in den übrigen Fällen dadurch gefunden, daß bei der Analyse der Kurven, soweit eine Atmung als Einheit genommen wurde, oft sehr harmonische Verhältnisse und regelmäßige Proportionen sich herausstellten (siehe Tab. 3). Im übrigen stehen bei den folgenden Ergebnissen nicht die Atemzüge im Mittelpunkt des Interesses, sondern Pulse und Schritte bzw. ihre Beziehungen zueinander.

Es wurde zunächst stets eine Ruheaufnahme gemacht. Alsdann wurde die Vp., die, außer bei den Selbstversuchen, nicht wußte, worum es sich handelte, aufgefordert, in einem ihr gemäßen Tempo zu gehen. Sie sollte gehen, wie es ihr bequem wäre! Nach einer Pause wurde die Vp. zu einem leichten Lauf (Trab) aufgefordert, der wiederum in einem ihr beliebigen Tempo ausgeführt werden sollte. Es wurden für gewöhnlich erst Aufnahmen gemacht, wenn die Vp. bereits eine Zeitlang gegangen bzw. gelaufen war, so daß man annehmen konnte,

daß sich konstante Verhältnisse eingestellt hätten. Die Versuche wurden im Korridorgang des Institutes, der ca. 40 m lang ist, angestellt.

Es wurden Kontrollversuche ohne jede Apparaturen, nur mit der Stoppuhr, angestellt; diese ergaben genau dieselben Zahlen wie im registrierten Versuch, so daß eine wesentliche Beeinträchtigung durch die Apparatur wohl ausgeschlossen werden darf. Es wurde übrigens auch darauf geachtet, daß die Hilfsperson, die die Atemregistrierung zu besorgen hatte, nicht der Vp. ihr Tempo angab. Wir glauben, dies stets vermieden zu haben; es wurde fast immer beobachtet, daß die Vp. und die Hilfsperson im Tempo nicht übereinstimmten. Eine Störung durch andere Taktgeräusche oder ähnliches ist ausgeschlossen, da sich die Aufnahmeapparatur in einem angrenzenden Zimmer befand.

Die Untersuchungen wurden an 5 Männern, 3 Frauen und 5 Kindern ausgeführt. Besonders an 4 Männern wurden an verschiedenen, oft monatelang auseinanderliegenden Versuchstagen zahlreiche Aufnahmen gemacht. Von diesen Personen liegen von jedem Versuchstag je 1—3 Ruhe-, Gang- und Laufkurven, teils bis zu 90 Sekunden ununterbrochenen Ablaufes vor. Sonst wurden im allgemeinen an 2 Versuchstagen je mehrere Aufnahmen von 15—30, auch 40 Sekunden gemacht. Bei den späteren Versuchen wurden die Umkehrstellen am Ende des Korridors nicht mit aufgenommen und nur die Teilstrecken bewertet. An 4 von den 5 Kindern wurden nur Aufnahmen an einem Tage gemacht, dann allerdings mindestens 2, meist 3; ein Lauf wurde bei den Kindern nicht aufgenommen.

Ergebnisse.

Bei Anstellung derartiger Versuche und Überlegungen, wie sie in unserem Fall erfolgten, muß eins von vornherein klar sein: dauernd bestehende, mathematische Regelmäßigkeiten, glatte Übereinstimmungen können nicht erwartet werden. Es wäre mit dem Begriff des Lebens unvereinbar, Gleichheiten, absolute Wiederholungen zu erwarten. Die Zahl äußerer und innerer Reize und der Reaktionsmöglichkeiten darauf ist für jedes Individuum und seine willkürlichen und unwillkürlichen Tätigkeiten eine viel zu große, als daß einfache Gleichartigkeiten herauskommen könnten. So fand z. B. *Aulo*[1] in mehrstündigen, ununterbrochenen Pulsaufnahmen trotz Bettruhe Variationen des Pulses bis zu 20% pro Minute. Was zu erwarten ist, kann lediglich einmal die Wiederkehr eines annähernd gleichen individuellen Tempos bzw. irgendwelcher Abhängigkeiten zwischen diesem Bewegungstempo und der Frequenz der Herz- und Atemfunktion sein.

Adäquater Eigenrhythmus.

Gibt es einen „adäquaten Rhythmus", d. h. findet sich bei jedem Individuum in allen seinen psychischen und physischen Tätigkeiten ein immer wiederkehrendes Eigentempo?

Unsere Untersuchungen erlauben, wie Tab. 1 zeigt, diesen adäquaten Eigenrhythmus für Bewegungstempo, Atmungs- und Pulsfrequenz zu bejahen.

---

[1] *Aulo*, Skandinav. Arch. f. Physiol. **21**, 266. 1908.

Tabelle 1. *Minutenfrequenz von Schritten, Puls und Atmung.*

Versuchsperson	Vers.-Tag	Ruhe		Gang			Versuchsperson	Vers.-Tag	Ruhe		Gang		
		P.	A.	Schr.	P.	A.			P.	A.	Schr.	P.	A.
						Männer.							
Wa.	1.	90	18	105	113	17	M.	1.	81	12	111	101	11
		—	—	105	105	20		2.	82	12	112	91	10,4
	2.	93	16,6	106	105	17			—	—	120	81	9
	3.	96	18	114	102	16			—	—	120	84	9
		74	13	—	—	—		3.	64	8,8	109	93	7,4
	4.	103	18	76 : 75 Zeitschreibung fehlt			H.	1.	67	21,9	95	77	17
								2.	75	22	105	91	17,8
	5.	75	15	105	95	12		3.	69	17,8	97	84	14,7
A.	1.	108	15	120	105	15	U.	1.	71	14	108	88	24
	2.	72	12	120	100	15			—	—	101	83	15
	3.	87	16	117	97	15			—	—	110	90	17
	4.	87	13,3	120	109	12		2.	80	20	100	87	20
	5.	88	15	120	101	15			—	—	98	77	15
						Frauen.							
Frl. Hs.	1.	89	11,5	117	120	20	Frl. K.	1.	67	20	99	87	24
	2.	95	11	125	115	20			—	—	100	91	25
		88	9,5	116	104	23		2.	60	18	100	88	28
		—	—	105	102	20			—	—	110	100	20
		—	—	111	102	21		3.	64	19	107	82	25
									—	—	107	90	26
Fr. Wa.	1.	80	20	105	85	25							
	2.	93	20	106	99	—							
		—	—	112	102	—							
		—	—	110	100	—							
		—	—	110	95	23							
						Kinder.							
Lore 5 Jahre	1.	115	35	124	126	31	Ilse 5 Jahre	1.	117	25	141	116	21
		—	—	123	123	32			—	—	123	117	—
		—	—	125	124	32			—	—	125	119	—
		—	—	134	127	33							
	2.	130	20	135	137	27	Gerda 7 Jahre	1.	95	25	124	124	21
		—	—	131	140	24			—	—	115	104	29
		—	—	128	135	23			—	—	110	105	28
Günther 7 Jahre	1.	98	26	107	115	25	Hertha 7 Jahre	1.	130	16	135	120	19
		—	—	112	108	25			—	—	134	130	—
									—	—	148	120	—

Zunächst das Tempo des Gehens. Man kann aus den einzelnen Reihen mühelos die Zahl ersehen, die als Mittel immer annähernd getroffen ist: z. B. H 100; Wa 105; Frau Wa 105—110; A 120; Kind Lore 125—130 usw. Die einzelnen Reihen sind naturgemäß nicht ganz gleich. Neben Personen, die wie A stets verblüffend genau ihr Tempo festhalten, sind

bei der Mehrzahl leichte Schwankungen vorhanden, die aber nirgends beträchtliche Differenzen (im allgemeinen stets unter 10%) ergeben.

Wa zeigte beispielsweise unter 5 Werten nur eine Schwankung (ca. 8%;) A zeigt ein geradezu erstaunlich genaues Resultat: unter 6 Versuchen 5mal 120, 1mal 117; dabei liegen die Versuche Tage und Wochen auseinander, die letzten sogar 4 Monate später. Bei H ist die herausfallende höhere Zahl 105 durch den höheren Puls bzw. einen hohen Ruhepuls bedingt; U zeigt mäßige Schwankungen. Fräulein Hs tendiert offenbar um 120, und der einzelne 105-Wert ist wahrscheinlich bedingt durch die Tendenz zum 1 : 1-Verhältnis von Puls zu Schritt, das sich bei ihr findet (s. unten). Bei M liegen die Dinge so, daß 2 120-Werte vielleicht durch das in diesen Versuchen vorhandene 2 : 3-Verhältnis von Puls zu Schritt, was auch sonst mitunter vorkommt, bedingt sein mögen. Übrigens sind auch hier die Schwankungen kaum 9%. Nur 2 oder 3 Zahlen aus den Reihen der Kinder fallen stärker heraus. Das braucht nicht wunderzunehmen, da eine einwandfreie Spontaneität bei diesen nicht ganz leicht zu erreichen war. Man darf bei allem nicht vergessen, daß ein Unterschied von wenigen Schritten in einer Minute an verschiedenen Tagen und unter den verschiedensten Außenbedingungen und verschiedener Stimmung der Vp. sehr wenig bedeutet. Gewisse Schwankungen müssen sogar erwartet werden; denn es liegt im Sinne des Rhythmus, daß er nichts Starres, Unveränderliches darstellt. So kann als sicher gelten, daß Umkehrpunkte oder Erscheinen von Personen im Korridor leichte Störungen machten. Z. B. beobachteten wir, wie ein Kind durch Entgegenkommen seiner Mutter in seinem Tempo sofort sichtlich beeinflußt wurde. Wenn man aber die Reihen gegeneinander hält, sieht man trotzdem leicht die individuelle Zahl.

Die Beurteilung der Ergebnisse des Laufes ist schwieriger. Hier ist die Mittelzahl in allen Fällen nicht weit von 180. Wenn schon der Unterschied bei den einzelnen Vpn. nicht sehr markant ist, so ist trotzdem, ähnlich wie beim Gang, eine ziemliche Konstanz der Zahlen, und die individuelle Schwankung liegt nur um 5% bis höchstens 8%.

Die Pulse schwanken schon in der Ruhe. Da aber aus naheliegenden Gründen eine absolute Ruhe der Registrierung nie vorausgehen konnte, sind diese Schwankungen nichts Merkwürdiges. Überdies wird man trotzdem auch hier unschwer verschiedene „Typen" herausfinden können. So hat z. B. H. in Ruhe 67—75; ähnlich Frl. K. 64—67; A. und Wa. vorwiegend um 90. Diese individuellen Unterschiede in der Pulsfrequenz zeigen sich auch beim Gang und Lauf (z. B. beim Lauf H. 110—120, M. über 130. Frl. Hs. über 140).

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Atmung, bei der individuelle Typen ebenfalls unverkennbar sind; M., Frl. Hs. < 12 Atemzüge; H., Frl. K., Frau Dr. Wa. 20 und > 20. Auch bei der Atmung ist also

trotz der angeführten Bedenken technischer Art und der dadurch verursachten Schwankungsfehler, die möglicherweise durch gelegentliche Aufmerksamkeit der Vp. auf ihre Atmung noch verstärkt wurden, doch der individuelle Eigenrhythmus weitgehend erkennbar. Die individuellen Eigenzahlen sind überdies nicht nur bei den einzelnen Personen, sondern auch bei derselben Person in Ruhe, Gang und Lauf so verschieden, daß das persönliche Tempo gerade hier überaus deutlich wird. Beim Gange steigt die Atemfrequenz für gewöhnlich bei den Männern nicht an, sie erniedrigt sich sogar, wahrscheinlich infolge Vertiefung, außer bei U., einem älteren, etwas beleibten Mann. Bei den Frauen dagegen steigt sie schon beim Gange etwas an, bei Frl. Hs. sogar auf das Doppelte. Beachtlich bleibt auch, daß die Unterschiede beim Lauf (Zahlen 10—30) ca. 200% betragen. Hier wird die individuelle Zahl besonders erkenntlich (M. 10, Frl. Hs. 30).

Damit dürfte erwiesen sein, daß ganz ungeachtet aller Variationen, wie sie verschiedene Versuchszeiten und -tage mit sich bringen, doch jedes Individuum ein ihm adäquates Tempo in der Bewegung immer festhält, wie auch seine Puls- und Atmungsfunktion stets in gewissen Grenzen gleichbleibt.

Korrelation der Rhythmen.

Mit der Feststellung, daß Schrittzahl, Puls und Atmungsfrequenz, soweit sie nicht willkürlich oder anderswie beeinflußt werden, ein ganz persönliches Tempo aufzuweisen pflegen, ergibt sich mit aller Dringlichkeit sogleich die Frage nach Beziehungen dieser Frequenzen zu einander.

Um diese Beziehungen festzustellen, sind die Aufnahmen in verschiedener Weise analysiert worden; einmal wurde das Verhältnis der Minutenfrequenzen von Schritt zu Puls, Schritt zu Atmung und Puls zu Atmung errechnet (Tab. 2, S. 294). Andererseits wurden die Kurven auch so analysiert, daß als kleinste Einheit eine Atmung genommen wurde, und die darauf entfallende Zahl der Pulse und Schritte ausgemessen wurde (Beispiel: Tab. 3).

Beziehungen zwischen Puls und Atmung.

Eine persönliche Eigenart in dem Verhältnis Puls zu Atmung ist unschwer zu erkennen, und es wird dieses Verhältnis mit wenigen Ausnahmen in allen Fällen ziemlich genau festgehalten. Die Schwankungen in Ruhe betragen bei A. und H. 25%, bei Wa. 15%, M. 8%, Frl. Hs. und Frau Wa. 12,5%, während bei Frl. K. Konstanz besteht. Beim Gang liegen die Schwankungen um 25%. Beim Lauf kann man sich über einige erheblichere Abweichungen nicht wundern, da gerade beim Lauf in der Registrierung der Atmung manchmal Schwierigkeiten auf-

Tabelle 2. *Verhältnis von Puls zu Atmung und Puls zu Schritt.*

Männer.

Versuchsperson	Vers.-Tag	Ruhe	Gang		Lauf	Versuchsperson	Vers.-Tag	Ruhe	Gang		Lauf
		Puls zu Atmung	Puls zu Atmung	Puls zu Schritt	Puls zu Schritt			Puls zu Atmung	Puls zu Atmung	Puls zu Schritt	Puls zu Schritt
Wa.	1.	5	5,2	1,07	0,8	M.	1.	6,7	9,6	0,91	0,7
		—	6,5	1	—			—	—	—	0,74
	2.	5,6	6	1	—		2.	6,8	8,7	0,83	0,66
	3.	5,3	6,2	0,91	0,7			—	9	0,67	0,73
		5,77	—	—	—			—	9,3	0,7	0,77
	4.	5,7	7	1	0,73		3.	7,2	12,5	0,83	0,72
	5.	5	8	0,91	0,67						
						H.	1.	3	4,5	0,8	0,6
A.	1.	7,2	7	0,9	0,66		2.	3,4	5	0,9	0,67
	2.	6	6,6	0,83	0,7		3.	3,9	5,7	0,9	0,6
		—	—	—	0,64			—	—	—	0,7
	3.	5,4	6,3	0,83	0,76						
	4.	6,5	10	0,91	0,7	U.	1.	5	3,7	0,8	—
		6	8,3	0,83	—			—	5,3	0,8	—
	5.	6	6,7	0,83	—			—	5,2	0,8	—
							2.	4	4,2	0,87	—
								—	5	0,8	—

Frauen.

Versuchsperson	Vers.-Tag	Ruhe	Gang		Lauf
		Puls zu Atmung	Puls zu Atmung	Puls zu Schritt	Puls zu Schritt
Frl. Hs.	1.	8	6	1,02	0,77
	2.	8,6	5,7	0,91	0,73
		9	5,5	0,91	—
		—	4	0,97	—
		—	5	0,91	—
Fr. Wa.	1.	4	3,4	0,8	—
	2.	4,6	—	0,93	—
		—	—	0,91	—
		—	—	0,91	—
		—	4,1	0,86	—
Frl. K.	1.	3,3	3,6	0,88	—
	2.	—	3,6	0,91	—
		3,3	3,1	0,88	—
		—	5	0,91	—
		3,4	3,3	0,77	—
		—	3,5	0,84	—

Kinder.

Versuchsperson	Vers.-Tag	Ruhe	Gang	
		Puls zu Atmung	Puls zu Atmung	Puls zu Schritt
Lore	1.	3,3	4	1
		—	3,8	1
		—	3,9	1
		—	3,9	0,94
	2.	6,5	5	1
		—	6	1,07
		—	6	1,05
Günther	1.	3,8	4,6	1,07
		—	4,3	0,96
Ilse	1.	4,7	5,5	0,83
		—	—	0,95
		—	—	0,95
Gerda	1.	3,8	5,9	1
		—	3,6	0,91
		—	3,7	0,95
Hertha	1.	8	6,3	0,9
		—	—	0,98
		—	—	0,8

traten; dem wird man einen guten Teil dieser Abweichungen zuschreiben können. Damit werden aber wahrscheinlich nicht alle aus dem Rahmen herausfallenden Resultate restlos erklärt. Vielmehr wird man z. B. im Hinblick auf die Kurven der Lore Wa. vielleicht annehmen dürfen, daß es „verschiedene Gleichgewichte" gibt, indem das eine Mal auf Kosten der Frequenz, das andere Mal auf Kosten der Vertiefung eine notwendige Vergrößerung des Atemvolumens erstrebt wird. Vielleicht aber braucht man diese Erklärungen gar nicht einmal, wenn man bedenkt, wie leicht beeinflußbar gerade die Atmung zu sein pflegt. Vielleicht ist im Fall Lore allein die gewiß vorsichtige Ermunterung „hübsch atmen!" imstande gewesen, den Atemtyp von vornherein zu ändern. Daß solche Einflüsse natürlich in außerordentlicher Verschiedenheit und Vielfalt möglich sind, ohne daß man sie samt und sonders in jedem Fall wird erfassen und namhaft machen können, ist leicht einzusehen. Dessen ungeachtet ist doch bei allen Kurven der Eindruck vorhanden, daß eine ganz bestimmte Beziehung, die, wie oben erwähnt, durchaus individuell ist, ganz klar festgehalten wird. Wie weit sich das ändert, sobald eine stärkere Anstrengung zu einer gewissen oder ausgesprochenen Dyspnöe führt, geht aus unseren Versuchen nicht hervor; vielleicht darf man das eine oder andere ungewöhnliche Resultat aus unseren Reihen auch auf Konto einer solchen stärkeren Anstrengung setzen.

Die Zahlen selbst sagen nicht viel aus. Das Verhältnis ändert sich in dem Maße, als die Atemfrequenz mit dem Gang oder Lauf anstieg oder nicht. Ein anderes Bild bietet sich bei Betrachtung der Tab. 3, in der je eine Atmung als kleinste Einheit in Beziehung zu der entsprechenden Anzahl von Schritten und Pulsen und Sekundendauer gesetzt wurde. Die Tabelle zeigt an ein paar Beispielen, wie die Verhältnisse im einzelnen sehr regelmäßige sind. Diese Regelmäßigkeit ist übrigens der beste Beweis, daß auch die Atemregistrierung ihren Zweck erfüllte.

Beziehung zwischen Schritt und Atmung.

Betrachtet man das Verhältnis der Minutenfrequenzen von Schritten und Atemzügen, so zeigen sich beträchtliche Schwankungen. Es ergeben sich, außer bei A., nur selten ganze Zahlen. Analysiert man dagegen so, daß man eine Atmung als Einheit setzt, so ergibt sich interessanterweise auf große Strecken eine schöne, ganzzahlige Regelmäßigkeit. Dazwischen treten freilich dann immer wieder Unregelmäßigkeiten auf (s. Tab. 3). Dabei treten individuelle Typen deutlich hervor; so neigt z. B. A. beim Gehen zu einem Verhältnis 8 : 1, Wa. zu 6 : 1, Frl. K. 4 : 1 usw. Beim Lauf sind die Unterschiede entsprechend.

Tabelle 3. *Vp. H.*

(Fortlaufend auf je eine Atmung bezogen.)

	Pulse			Schritte		
Gang	5	5	5	6	6	6
	6	$6^1/_2$	$5^1/_2$	7	$7^1/_2$	6
	7	6	6	7	7	7
	$6^1/_2$	7	5	8	8	6
Lauf	$3^1/_2$	$2^1/_2$	2	5	4	$3^1/_2$
	$2^3/_4$	$2^1/_2$	3	4	4	4
	3	$2^3/_4$	3	4	4	4
	3	3	$2^1/_2$	4	4	4
	$2^1/_2$	$2^1/_2$	$2^1/_2$	4	4	4
	$2^1/_2$	3	3	$3^1/_2$	4	4

Beziehung zwischen Bewegungstempo und Puls.

Das Verhältnis von Schritt zu Puls nimmt insofern eine besonders wichtige Rolle ein, als es sich hier um die Beziehung einer stark vom Willen beeinflußbaren und einer hiervon so gut wie unabhängigen, rein vegetativen Funktion handelt. Sind also hier sinnvolle Beziehungen vorhanden, so werden sie für die Frage des individuellen Rhythmus besonders wichtig genommen werden dürfen.

Beim Lauf schwanken sämtliche Verhältniszahlen um 0,66 oder 0,75, wobei in ca. 65% diese Zahlen direkt oder fast direkt getroffen sind. Das aber ist ein 2 : 3- bzw. 3 : 4-Verhältnis. Bei Wa. tritt es am wenigsten deutlich hervor. Bei A. schwankt es in den einzelnen Versuchen zwischen beiden, bei M. ebenfalls. H. bevorzugt sichtlich das 2 : 3-, Frl. Hs. das 3 : 4-Verhältnis.

Auch die Betrachtung der Ergebnisse des Ganges erweist eine bestimmte Korrelation des Bewegungs- und Pulsrhythmus. Mit nur je 2 Ausnahmen nach unten bzw. nach oben liegen die Verhältniszahlen bei sämtlichen 59 Versuchen alle zwischen 0,8—1. Das Wichtigste aber ist, daß bei den Kurven von Wa., Frl. Hs. und sämtlichen Kindern sich in einer beträchtlichen Zahl das überraschende Verhältnis von 1 : 1 ergibt. Z. B. bei Wa. sind die Verhältniszahlen wie ersichtlich: 1,07, 1, 1, 0,91, 1, 0,91. Gewiß ein sehr beachtliches Resultat, das nicht ganz so sinnfällig auch bei Frl. Hs. hervortritt. Als bemerkenswert soll hervorgehoben werden, daß Frl. Hs. Lehrerin der rhythmischen Gymnastik (Loheland) ist, weshalb wir sie auch zu den Versuchen baten.

Gerade auch bei den Aufnahmen von Kindern war der Gedanke leitend, daß im Sinne der Körpererziehungsbewegung bei Kindern die natürlichsten Rhythmen zu finden seien, soweit sie eben noch nicht durch die Schule in ihrem natürlichen Bewegungstrieb und -Sinn gehemmt und durch Erziehung bzw. Erziehungsfehler in ihren natürlichen Anlagen beeinträchtigt wurden.

Es muß dabei aber ausdrücklich hervorgehoben werden, daß insofern Schwierigkeiten bestanden, Kindern unsere Versuche zuzumuten, als sie dadurch teils gehemmt, teils aufgeregt wurden, und außerordentlich labil gegen Eindrücke und Reize zu reagieren pflegten, so daß die Voraussetzung für unseren Versuch nicht immer und oft nur schwer zu erreichen war. Auffallenderweise zeigen aber die Ergebnisse in der Mehrzahl aller Kurven trotzdem ebenfalls das Verhältnis 1 : 1 zwischen Pulsen und Schritten, oder, soweit das 1 : 1-Verhältnis nicht direkt getroffen ist, mindestens die Tendenz dazu.

So fanden sich bei Günther Strecken von 20 : 20,5, 20 : 20. Bei Ilse kommt das Ergebnis im letzten Versuch dem 1 : 1-Verhältnis auch sehr nahe. Es scheint uns, daß bei ihr die anfängliche Erregung den Rhythmus in den ersten Versuchen fälschte. Ganz auffällig zeigen die Kurven von Lore die 1 : 1-Übereinstimmung. Es handelt sich um Dr. Wa.'s Töchterchen, die in dem ihr nicht ungewohnten Milieu, zumal ihr auch die anderen Hilfspersonen nicht unbekannt waren, keinerlei Befangenheit zeigte. Auch Gerda und Herta zeigten in einigen Versuchen ein genaues, in anderen ein angenähertes 1 : 1-Verhältnis.

Im Gegensatz zu den Kindern war bei allen Erwachsenen mit Ausnahme von zweien wie oben erwähnt ein 0,8—0,9-Verhältnis durchaus vorherrschend. Eine Ausnahme sind 2 Werte von M., in denen 81 bzw. 84 Pulse auf 120 Schritte fallen, also recht genau ein 2 :3-Verhältnis besteht.

Überblickt man die vorstehenden Ergebnisse, so dürfte aus ihnen wohl einwandfrei hervorgehen, daß bei einem von der Vp. frei gewählten, ihr gemäßen Tempo des Gehens und des Laufens eine unzweifelhafte Tendenz zu einer sinnvollen Korrelation zwischen Bewegungsrhythmus und Herz- und Atemrhythmus festzustellen ist.

Diskussion der Ergebnisse.

Fragt man sich, wodurch die von jedem Individuum bevorzugte Frequenz der Schritte bedingt wird, so ist die Feststellung überaus interessant, daß das spontan gewählte Tempo eine bemerkenswerte Übereinstimmung zeigt mit gewissen Zahlenergebnissen, die zur Frage des am meisten ökonomischen Tempos von verschiedenen Autoren durch Stoffwechseluntersuchungen festgestellt wurden[1]. Kinder hatten, wohl entsprechend der kleineren bewegten Masse, eine höhere Zahl. Nur Günther hatte eine erheblich niedrigere Schrittzahl. Hier spielt offenbar der niedrige Puls eine beträchtliche Rolle, eine Tatsache, die sich auch bei H. zeigt. Es scheinen also außer einem „ökonomischen Instinkt" wohl noch mancherlei andere Dinge, darunter ersichtlich die Pulszahl, eine beeinflussende Wirkung zu haben.

[1] Zusammenstellung bei *K. Wachholder*, Ergebn. d. Physiol. **26**. 1928.

Fragt man sich weiter, wie denn die Tendenz zu einer bestimmten Korrelation der Rhythmen zu erklären sei, so ist besonders das Vorkommen des 1 : 1-Verhältnisses von Puls zu Schritt erklärungsbedürftig. Man kann nicht umhin, hier das Herz als „pacemaker" anzusehen, freilich nicht im Sinne *Colemans*, der den Ruhepuls als „timekeeper" und „pacemaker" für das Bewegungstempo ansprach. Auch andere Gedanken *Colemans*, daß es sich um isochrone Erregungsserien handele, wird man aufgeben müssen, schon deswegen, weil das 1 : 1-Verhältnis nie mathematisch genau festgehalten wurde; wohl finden sich Strecken, wo sich Schritte und Pulse genau entsprechen, dann aber tritt sehr langsam eine Verschiebung ein. Ferner finden sich bei Günther und Lore, vor allem aber bei H. Ergebnisse, die den Puls als maßgebend für das Bewegungstempo erkennen lassen. So bot H. an 3 verschiedenen Versuchstagen folgende Verhältnisse:

67 Ruhepulse	77 Gangpulse	95 Schritte
75 „	91 „	105 „
69 „	84 „	97 „

Die gewählte Schrittzahl steigt und fällt also hier mit der Frequenz des Ruhe- bzw. Gangpulses.

Dieser Gruppe steht nun eine andere gegenüber, bei der man den starken Eindruck hat, daß hier das Bewegungstempo „führend" sei. Z. B. wenn A. unter 6 Versuchen 5mal 120 Schritte bei schwankendem Pulse aufweist. Auch bei M., wo 111 und 112 Schrittempo bei 101 und 91 Gangpulsen bzw. 81 und 82 Ruhepulsen gefunden wurden, scheint eine weitgehende Unabhängigkeit vom Pulse vorzuliegen. Es scheint also bald die Herzaktion, bald das Bewegungstempo der maßgebende Faktor zu sein.

Die Frage aber, wodurch denn gerade die Tendenz zu einem 1 : 1-Verhältnis oder überhaupt zu ganzzahligen Verhältnissen zustande kommt, müssen wir unbeantwortet lassen. Beziehungen des Stoffwechsels zur Erklärung heranzuziehen, muß deshalb verfehlt erscheinen, weil so zwar ein gemeinsames Ansteigen und Absinken der verschiedenen Rhythmen, nie aber ein sinnvolles ganzzahliges Verhältnis erklärt werden kann. Auch weraen weitere Forschungen erst ein endgültiges Urteil darüber erlauben, was es mit der Ansicht der modernen Körpererziehungsbewegung über einen jedem Individuum innewohnenden zentralen Rhythmus auf sich hat. Auf jeden Fall kann aber schon gesagt werden, daß die Anschauung der rhythmischen Gymnastik vom Vorhandensein eines individuellen Bewegungsrhythmus und von einem sinnvollen Zusammenhang dieses mit den anderen rhythmischen Lebensäußerungen, der Herztätigkeit und Atmung, offenbar zu Recht besteht.

Zusammenfassung.

Es wird geprüft, ob die weitverbreitete Ansicht vom Vorhandensein eines persönlichen Bewegungsrhythmus und sinnvoller Beziehungen desselben zum Rhythmus der Atem- und Herztätigkeit, die vor allem in den Anschauungen der modernen „Rhythmischen Gymnastik" eine Rolle spielt, zu Recht besteht. Die Ergebnisse sind:

1. Es besteht ein persönlicher (adäquater) Rhythmus. Dieser findet seinen Ausdruck in einem spontan immer wieder gewählten Bewegungstempo, ebenso in der Puls- und Atemfrequenz.

2. Es besteht eine Korrelation dieser Rhythmen. Spontanes Bewegungstempo, Puls- und Atemfrequenz stehen in gewissen, individuell typischen Beziehungen zueinander. Besonders fand sich bei allen 5 untersuchten Kindern und bei 2 von den 10 untersuchten Erwachsenen ein genaues 1 : 1-Verhältnis von Puls zu Schritt, oder wenigstens eine sehr starke Tendenz dazu.

3. Es finden sich 2 Gruppen von Personen; bei der einen ist der Puls von Einfluß auf das Bewegungstempo, bei der anderen besteht ein solcher Einfluß offensichtlich nicht, sondern das Bewegungstempo wird ohne Rücksicht auf den Puls festgehalten.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung von Herrn Privatdozenten Dr. *Wachholder* ausgeführt, dem ich hierfür sowie für seine gütige Unterstützung bestens danke.

Lebenslauf.

Ich, Paul Anders, wurde am 25. Juli 1904 in Breslau als Sohn des Lehrers Paul Anders und seiner Ehefrau Martha, geb. Thamm, geboren, ich bin Preuße, katholisch. Nachdem ich vier Jahre die Volksschule in Breslau besucht hatte, besuchte ich neun Jahre das Matthias-Gymnasium in Breslau, wo ich im Februar 1923 meine Reifeprüfung bestand. Dann studierte ich an der Universität Breslau vier Semester Medizin und bestand die ärztliche Vorprüfung im Mai 1925. Das Sommersemester 1925 studierte ich in Graz, das Wintersemester 1925/26 in Breslau, das Sommersemester 1926 in Kiel. Die letzten drei klinischen Semester studierte ich in Breslau. Im Februar 1928 meldete ich mich zur Staatsprüfung, die ich am 9. Juni 1928 vollständig bestanden habe.

Paul Anders.